

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 16 日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24603024

研究課題名(和文) 環境音を考慮したサイン音のデザインプロセスの構築と標準化への研究

研究課題名(英文) Research for making a design process of the sign sound which considered the environment noise and its standardization.

研究代表者

川上 央 (KAWAKAMI, Hiroshi)

日本大学・芸術学部・教授

研究者番号：20307888

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：環境音の周波数成分を物理尺度として、ノイズ成分として知覚される環境音の音高の尺度を心理尺度として極限法により実験を行った結果、両者に線形性があることが示唆された。これをもとに、サイン音のピッチ設定を、環境音から決定することにし、一対比較法によって評価を行った結果、環境音との調和が示唆された。次に、先の研究結果で得られた環境音からピッチ抽出する関数をProcessingに実装し、RaspberryPiを利用してマイク入力からリアルタイムに環境音に調和するサイン音の生成を行った。この実機を国内外の研究会でデモ発表を行い、国際的な視点からの標準化について検討した。

研究成果の概要(英文)：The frequency components of the environmental sound as a physical measure, the result of an experiment conducted by the method of limits as psychological measure the pitch measure of environmental sound is perceived as a noise component, the linearity is suggested in both. Based on this, the pitch setting of sign sound, to be determined from the environment sound, the results were evaluated by a pair comparison method, harmony with the environment sound has been suggested. Then, implement a function to pitch extracted from the obtained environmental sound that obtained in the previous research results of the Processing, it was generation of sign sound to harmonize the environmental sound in real-time from the microphone input using the RaspberryPi. It performs a demo announced the actual equipment in the study group at home and abroad, was examined standardization from the international perspective.

研究分野：音のデザイン, 音楽情報処理

キーワード：サイン音 スペクトルセントロイド周波数 環境音

1. 研究開始当初の背景

近年、音のデザインに対する研究は活性化している。1970年代以降、R. Murray Schaferらが提唱したサウンドスケープの概念を起点に、環境音への意識が向上してきており、また、ユニバーサルデザインの観点から、公共施設でのサイン音の活用も積極的である。そのような背景において、サイン音の音響学的、あるいは人間工学的な研究が注目されている。研究代表者も、日本音響学会において、音のデザイン調査研究委員会の委員をやっているが、国内で音のデザインに関しての包括的な理論や方法論があまりないことに気付いた。もちろん、JISを始めとする規格は存在し、サイン音を提供する多くの企業は、その規格に準じて標準化を計っているのだが、それらの規格には、音の大きさや高さ、そして提示方法については言及されているが、具体的な音の内容（例えば音色）などについては記載されていない。特に、公共施設などにおいては、周囲の環境音が常に変化するため、暗騒音との関係を考慮してデザインする必要がある。また、サイン音の過剰な提供は不快感を与えてしまうことにもなる。そこで、環境音と調和し、効果的に利用されるためには、どのような音にするべきかというデザイン手法について、ある程度のガイドラインを専門家が提供する必要があると考えた。

公共空間のサイン音に関しては、サイン音の導入場所との関係についてこれまでに、フランス国有鉄道（SNCF）とフランス国立音楽音響研究所（IRCAM）との共同研究で、パリのモンパルナス駅のホーム移動支援のための誘導音のデザインを行い、鉄道駅における効果的なサイン音の設計プロセスについて検討を行った。また国内では、エレベータのサイン音のガイドライン作成などの研究を行ってきたが、いずれの研究においても、必要な音をデザインするためには、環境音との関係を探る必要があった。視覚デザインの場合、当然のことながら背景との調和は重要な要素となるのであるが、音の場合、環境音、あるいは暗騒音は常に変動しており、時間帯によっても異なってくるため、導入するサイン音との関連付けを行うのは困難であった。そこでこの研究では、サイン音とサイン音を取り巻く環境音の調和を目指し、環境音と融合するサイン音のデザインの方法について検討を行う必要があった。

2. 研究の目的

この研究の目的は、環境に調和したサイン音のデザイン手法の考案であるが、そのためには環境音の特性をつかむ必要がある。さらに、環境音は様々な音源振動の複合であるため、音源分離を行う必要がある。そこで、この研究では、環境音の音響信号からのカテゴリゼーションと、環境音の時間特性について予想モデルの検討を行う。このことにより、環境音の音響特性についてある程度のデータを得ることが可能となり、サイン音デザインに応用することが可能となる。例えば、環境音のラウドネス変動や、周波数成分の変化のモデルをシミュレーションすることで、暗騒音モデル下での評価実験を行うことができることと、暗騒音モデルから設置場所の音響特性をつかむことができるため、サイン音の周波数や成分、時間包絡などのパラメータを決定することが可能となる。そのことにより、現場で使用する場合、情報伝達内容の緊急性や危険性などのプライオリティによって、効果的にサイン音を設計することが可能となる。

このように、公共空間におけるサイン音のデザイン手法に関するガイドラインはない。これまでの多くの実例は、サウンドデザイナーが感覚的に作ってきたものか、あるいは、JISなどの工業規格によって、無機質な倍音合成によって作られたものかに二分される。今後、高齢化社会や国際化が進むにつれ、言葉ではなく、音によって危険を知らせたり、重要な情報を伝えることが可能なサイン音はますますニーズが高まる。現在でも、駅などでは多数のサイン音が溢れており、それらが有機的に機能するどころか、不快感を与えている場合が多い。このような現状は、サイン音のデザインプロセスの具体例が少ないことと、空間を総合的に捉えたサイン音デザインの実例がほとんどないことが原因である。よって、この研究で得られた成果は、今後必要となる標準化への道筋を作る重要な研究となることが予想される。

3. 研究の方法

様々なノイズ成分を含む屋外空間の暗騒音は特定の周期信号ではなく、ランダムノイズとなる。そこで、白色雑音を帯域通過フィルタによって、中心周波数の異なる8種類の実験用の疑似暗騒音を作成した。評価実験のためのインターフェース

に MaxMSP を利用したため、白色雑音は noise-オブジェクト、帯域通過フィルタは reson-オブジェクト (gain=1.0, Q=5.0) を使用し、フィルタの中心周波数を 100, 200, 300, 400, 500, 1000, 1500, 2000Hz の 8 種類に設定し、それぞれの中心周波数をピークにした山型の周波数成分を持ったランダムノイズを作成し、疑似暗騒音とした。また、スペクトル重心の周波数算出には、ApeI らの centroid-(ポイント数 4096) を利用し、再生時間全体の平均スペクトル重心周波数を算出した。

先に得られたスペクトル重心周波数とピッチとの線形式より、実際の暗騒音からスペクトル重心周波数を算出し、その周波数から暗騒音聴取時のピッチを算出することが可能になった。そこで、この実験では、線形式から得られるピッチをサイン音の高さの周波数として、実際の暗騒音を対象にし、評価を行った。

上記研究結果を背景に、発展段階として、リアルタイムに環境音のスペクトル重心解析を行い、その結果に基づいてサイン音を生成する小型デバイスシステムの開発に着手した。サイン音再生システムの開発に向け、小型かつ一定の処理速度を期待できる Linux PC, Raspberry Pi (Type B, 512 MB, 700 MHz) を採用した。Raspberry Pi には、専用に開発された OS である Raspbian ではなく、スタンフォード大学 CCRMA で開発が進められている Satellite CCRMA (Raspberry Pi, Beagle Board 用 OS) をインストールしている。本 OS を用いることにより、一般的な PC よりも比較的処理速度の遅い小型 Linux PC を、音響処理向けにカスタマイズ可能である。Raspberry Pi には音声入力端子が搭載されていないため、デバイス上の USB ポートに USB オーディオインタフェースを接続し、小型マイクを接続することで音声入力を実現した。

4. 研究成果

実験結果を平均し、スペクトル重心周波数を横軸としてプロットする (Fig.1)。また、それぞれのプロットに対して線形近似直線を付記した。この結果より、暗騒音のピッチは、暗騒音のピーク周波数とスペクトル重心周波数の間の辺りで知覚していることが示唆された。また、ピッチとスペクトル重心周波数とは近似的に比例関係にあり、このことによって、物理量であるスペクトル重心周波数から暗騒音のピッチを推定できることが示唆

された。

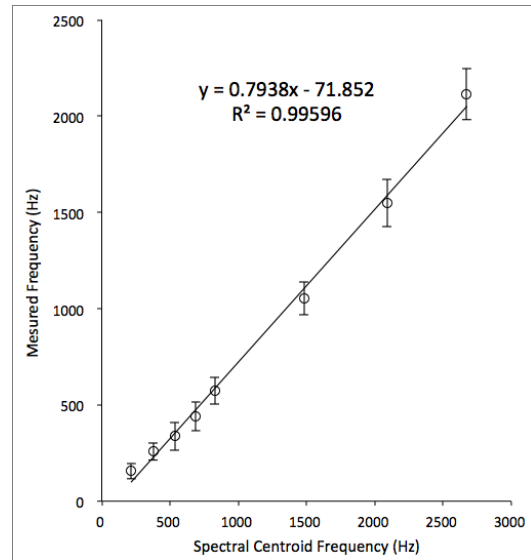


Fig. 1 Pitch estimation of filtered noise

次に、環境音からスペクトル重心周波数を抽出したところ 30 秒間の音源の全体の平均が 567Hz であった。この値を先の線形式に代入し、暗騒音のピッチ 376Hz を得た。そこで、この 376Hz とその 1 オクターブ上の 752Hz の 2 種の周波数を環境に音程的に調和する音として、また算出された暗騒音のピッチに近い 350Hz とその 1 オクターブ上の 700Hz を暗騒音に調和しない音として、それぞれの周波数を基音とした 1 秒で減衰する音をノコギリ波で作成した。

これらの 4 種類の周波数の音と、先の駅の雑踏の暗騒音を合成し、4 種類の実験用音源を作成した。合成時の暗騒音とのレベル差に関しては、JIS S 0014 「消費生活製品の報知音 - 妨害音及び聴覚の加齢変化を考慮した音圧レベル」を参考に、暗騒音より概ね実効値が 10dB 以上になるように設定した。これらの音源に関して、どちらが調和しているかという尺度でサーストンの一対比較法による評価を行った (Fig.2)。

この結果より、暗騒音ピッチの 1 オクターブ上の 752Hz の音源が暗騒音と調和度が高いと示唆された。また、低い周波数のほうでも、暗騒音ピッチ 376Hz が 350Hz のものより上位となった。低い周波数の音より高いほうが上位にある理由については、現在、駅の改札で利用されている盲導鈴のピンポンという音が 760Hz と 640Hz の連続音であることから、700Hz 周辺の高さの音に対して馴染みがあったのではないかと考えられる。いずれに

せよ、暗騒音ピッチを考慮した音のほうが、調和度が高いことが示唆された。

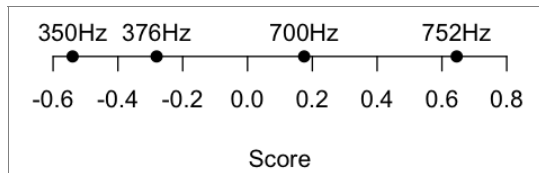


Fig. 2 Result of Paired Comparison

この結果に基づき、RaspberryPi によるサイン音自動生成デバイスを開発し、国際会議等で成果発表を行うとともに、国際標準化を目指し、サウンドブランディングに関するシンポジウム等で成果を公開した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計12件)

(1)川上 央, 前田 紘妙, 松林 博文, 音商標とソニック・ブランディングの可能性について, 日本音響学会春季研究発表会, 2016年3月

(2)Hiroshi Kawakami, Hirofumi Matsubayashi, Sonic Branding, The 2015 E0 Osaka Global University, 2015年10月

(3)川上 央, 松林 博文, テクノロジー×音(楽), POST, 2015年10月

(4)川上 央, サイン音のデザイン-これからの音環境制御とデザイン-インフラと社会のあり方を考える-, 騒音制御工学会秋季研究発表会, 2014年9月

(5)伊藤 元成, 川上 央, 公共空間施設を対象としたサイン音デザイン, 日本デザイン学会春季研究発表大会, 2014年7月

(6)伊藤 元成, 川上 央, モバイル端末のための音による歩行誘導支援, 日本音響学会春季研究発表会, 2014年3月

(7)川上 央, 船場 ひさお, アート・エンターテインメント分野における音のデザインの動向, 日本音響学会秋季研究発表会, 2013年9月

(8)中西 宣人, 三戸 勇気, 川上 央, 環境音に音楽的に調和するサイン音再生システムの検討, 日本音響学会秋季研究発表会, 2013年9月

(9)大富 浩一, 川上 央, 池田 雅弘, 音の認知構造の解明に関する研究動向, 日本音響学会春季研究発表会, 2013年3月

(10)三戸 勇気, 中西 宣人, 川上 央, 音楽的に調和するサイン音デザインを目的とした環境音のピッチ知覚, 日本音響学会春季研究発表会, 2013年3月

(11)伊藤 元成, 川上 央, サイン音によるモバイルナビゲーション支援, 日本音響学会春季研究発表会, 2013年3月

(12)伊藤 元成, 川上 央, 音による情報性の向上に向けた次世代型視聴覚案内地図の開発, インタラクション2013, 2013年2月

〔図書〕(計2件)

(1)音響キーワードブック, 2016年3月コロナ社 日本音響学会編412-413

(2)製品音の快音技術~感性にアピールする製品の音作り~2012年7月S&T出版岩宮眞一郎他531-545

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

<http://mic-nuart.com/projt/kakenc.html>

6. 研究組織

(1)研究代表者

川上 央 (KAWAKAMI, Hiroshi)

日本大学・芸術学部・教授

研究者番号: 20307888

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし